

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-233007

(43)Date of publication of application : 10.09.1993

(51)Int.Cl. G05B 13/02

(21)Application number : 04-030557

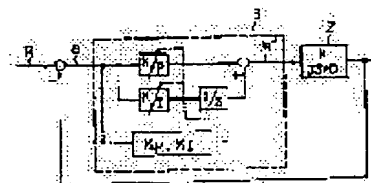
(71)Applicant : TOYO ELECTRIC MFG CO LTD

(22)Date of filing : 18.02.1992

(72)Inventor : TSUCHIDE YASUHIKO
KOBAYASHI HIROKAZU**(54) VARIABLE STRUCTURE PI CONTROLLER****(57)Abstract:**

PURPOSE: To realize robust control against the parameter fluctuation of a controlled system by varying a proportion (p) gain and an integration(I) gain at the PI controller to stabilize the operation of the controlled system by executing P and I compensation to deviation between a setting input inputted to the controlled system as an instructed value and the controlled system.

CONSTITUTION: Deviation (e), proportion gain Kp and integration gain Ki are changed by an expression I, and a stable and high-response correction is enabled to a command change or continuous disturbance by reducing the proportion gain Kp near e=0 and enlarging the integration gain Ki. In an area where the deviation (e) is large, the proportion gain Kp is enlarged and the integration gain Ki is reduced so as to enable high-response correction.



$$K_p = K_{p1} - K_{p2} \exp(-K_{p3} |e|)$$

$$K_{ki} = K_{ki1} \exp(-K_{ki2} |e|)$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.04.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-233007

(43)公開日 平成5年(1993)9月10日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 5 B 13/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 9131-3H

T 9131-3H

審査請求 未請求 請求項の数2(全 4 頁)

(21)出願番号 特願平4-30557

(22)出願日 平成4年(1992)2月18日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成3年9月27日
株式会社トリケップス発行の「ロバスト高速サーボ制御
技術」に発行

(71)出願人 000003115

東洋電機製造株式会社

東京都中央区八重洲2丁目7番2号

(72)発明者 土手 康彦

北海道室蘭市水元町32-8-203

(72)発明者 小林 弘和

神奈川県伊勢原市沼目4-26-14

(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

(54)【発明の名称】 可変構造PI制御装置

(57)【要約】

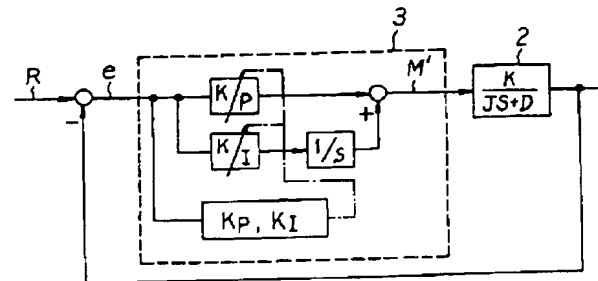
【目的】 制御対象に指示値として入力される設定入力
と該制御対象との偏差をP(比例)及びI(積分)補償
することにより、制御対象の動作を安定化するPI制御
装置において、比例ゲイン(K_P)および積分ゲイン
(K_I)を変換することにより制御対象のパラメータ
変動に対してロバストな制御を実現する。

【構成】 e と比例ゲイン K_P 、積分ゲイン K_I とを格
別な関係式

【数1】 $K_P = K_P^1 - K_P^2 \exp(-K_P^3 |e|)$
----(1)

$K_I = K_I^1 \exp(-K_I^2 |e|)$ ----
(2)

により変化させるようにしたものであつて、 $e=0$ の近
辺では比例ゲイン K_P を小さくし、積分ゲイン K_I を大
きくすることから、指令変化や持続外乱に対して安定で
高応答な修正ができる。また、偏差 e の大きい領域で
は、比例ゲイン K_P を大きくし、積分ゲイン K_I を小さ
くすることで、高応答な修正ができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 制御対象に指示値として入力される設定入力と該制御対象の偏差を P（比例）及び I（積分）補償することにより、制御対象の動作を安定化する P I 制御装置において、比例ゲイン（ K_P ）および積分ゲイン（ K_I ）を、次の関係式

$$\begin{aligned} K_P &= K_P^1 - K_P^2 \exp(-K_P^3 |e|) \\ K_I &= K_I^1 \exp(-K_I^2 |e|) \end{aligned}$$

ここに e は偏差を表し、 K_P^1 、 K_P^2 、 K_P^3 、 K_I^1 、 K_I^2 は正の定数である。により変化させることを特徴とする変換構造 P I 制御装置。

【請求項 2】 前記式内で

$$K_I^1 \approx 3(K_P^1 - K_P^2)$$

の関係に K_I^1 、 K_P^1 、 K_P^2 の各定数を選定したことを特徴とする請求項 1 記載の変換構造 P I 制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は P I 制御装置に係り、特に可変構造 P I 制御において各ゲインを特長ある連続な形で可変にすることにより、制御対象の各パラメータの変動に対しロバストな制御系をなす、可変構造 P I 制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般的な電動機制御系を例にとり記述する。図 5 は P I 制御系の従来例を示すもので、1 は P I 制御装置、2 は制御対象である。ここに、R は設定入力、Y は状態量であり、したがって速度制御系では、R が速度指令、Y が速度検出出力である。

【0003】すなわち、設定入力 R と状態量 Y との偏差 e を P I 補償要素を通して制御対象に印加することにより、速度制御系を安定化している。その一般的な安定化調整としては、慣性 J が大きいほど比例ゲイン K_P を大きくし、それに応じて積分ゲイン K_I も大きくすることにより達成される。このように、通常は P I 補償要素を図示のごとく直列に挿入し、制御対象に応じた比例ゲイン K_P および積分ゲイン K_I を調整することにより安定化を図っている。なお、図中制御対象 2 の中の D は粘性抵抗であり、K は例えばパワーアクチュエータのトルク発生係数である動作係数を示す。また、図中 P I 制御装置 1 内の M は該 P I 制御装置の出力を示している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、比例ゲイン K_P を大きくすると定常状態ではノイズや検出リップル等の影響で不安定になり易く、また積分ゲイン K_I を大きくすると、設定入力のステップ変化に際し速度のオーバーシュートが発生し好ましくない。

【0005】比例ゲイン K_P 、積分ゲイン K_I を電動機等の運転状態に応じて変化させる必要があるが、一般に比例ゲイン K_P 、積分ゲイン K_I は可変抵抗等で手動の調整を行うものとなるため、瞬時の例えば電動機状態に

じた調整は不可能である。

【0006】さらに、積分ゲイン K_I を偏差 e の変化に応じて変化する方法もあり、これは積分ゲイン K_I が固定の場合よりは高性能なものとなるものの、慣性 J や粘性係数 D の変動に十分対応できない。また、より高速応答をさせようとするれば、微分補償要素を別に追加する必要があるが、これはノイズ等の影響を受け易く、安定化に苦勞するのが常であった。

【0007】かくのごとく、現在、比例ゲイン K_P や積分ゲイン K_I を運転状態に応じて最適に調整する装置がなく、したがって、試運転調整員が現地に行ってその都度苦勞して調整しているのが現状である。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は上述したような点に鑑みてなされたものであって、設定入力と制御対象の状態量との偏差 e に対して、比例ゲイン K_P 、積分ゲイン K_I とを格別な関係式により変化させ、運転状態を変化させるようにしたものである。すなわち、比例ゲイン（ K_P ）および積分ゲイン（ K_I ）を、次の関係式

$$\begin{aligned} K_P &= K_P^1 - K_P^2 \exp(-K_P^3 |e|) \\ K_I &= K_I^1 \exp(-K_I^2 |e|) \end{aligned}$$

ここに e は偏差を表し、 K_P^1 、 K_P^2 、 K_P^3 、 K_I^1 、 K_I^2 は正の定数である。により変化させることを特徴とする。

【0009】さらに、前記式内で

$$K_I^1 \approx 3(K_P^1 - K_P^2)$$

の関係に K_I^1 、 K_P^1 、 K_P^2 の各定数を選定したことを特徴とする。なおこの場合の比例ゲイン K_P 、積分ゲイン K_I の最小値や、他のパラメータはシステムの安全条件より決められる。

【0010】

【作用】図 1 は本発明の理解を容易にするために図 5 に類して示したもので、3 は可変構造 P I 制御装置であって、図 5 に示した P I 制御装置の比例ゲイン K_P と積分ゲイン K_I とを可変構造としたものである。図中、図 5 と同一符号のものは同一機能を有する部分を示す。つぎに本発明に係る可変構造 P I 制御装置 3 を説明する。

【0011】比例ゲイン K_P と積分ゲイン K_I の設定の基本的な考え方は、偏差 e が小さい時は積分ゲイン K_I を大きくし、比例ゲイン K_P を小さくする。また、偏差 e が大きい時は積分ゲイン K_I を小さくし、比例ゲイン K_P を大きくする点にある。すなわち $e \rightarrow 0$ になり定常状態に近くなったときは積分動作を主体にして安定な運転をし、一方 $e \rightarrow$ 大になる状態としての過渡状態では比例動作を主体にした制御をし、修正動作を早くするようにしている。

【0012】その関係を図示すると図 2 のごとくである。ここに比例ゲイン K_P および積分ゲイン K_I を下記式 (1)、(2) にとる。

【数 5】

$$K_P = K_P^1 - K_P^2 \exp(-K_P^3 |e|) \quad \text{----(1)}$$

$$K_I = K_I^1 \exp(-K_I^2 |e|) \quad \text{----(2)}$$

ここにeは偏差を表し、 K_P^1 、 K_P^2 、 K_P^3 、 K_I^1 、 K_I^2 は正の定数である。

【0013】次に、各定数をどのように選定するかを述べる。これはこの可変構造PI制御の安定性の点から決めるものである。非線形であるので、リアプノフ関数よ

り安定性を求める。

【0014】偏差eの時間微分 de/dt 及びPI制御装置の出力Mの時間微分 dM/dt の関係式は、図5より

$$K_P de/dt + K_I e = dM/dt \quad \text{----(3)}$$

$$J(-de/dt) + D(R - e) = MK \quad \text{----(4)}$$

式(4)より

$$de/dt = (1/J) \{D(R - e) - KM\} \quad \text{----(5)}$$

故に、式(3)は

$$dM/dt = (K_P/J) \{D(R - e) - KM\} + K_I e \quad \text{----(6)}$$

リアプノフ関数として、

$$V(M, e) = (1/2) (M^2 + e^2) \quad \text{----(7)}$$

$$dV/dt = M dM/dt + e de/dt \quad \text{----(8)}$$

故に、

$$\begin{aligned} dV/dt = & - (KK_P/J) M^2 \\ & + \{K_I - (D/J) K_P - K/J\} M e \\ & - (D/J) de/dt \\ & + \{(DK_P/J) M + (D/J) e\} R \end{aligned} \quad \text{----(9)}$$

【0015】上式より、Vは常に正であり式(9)の dV/dt が負になるように各定数を選定すれば制御系は安定になる。式(9)において比例ゲイン K_P と積分ゲイン K_I を式(1)、(2)のように選定し、図2における K_I^1 と $(K_P^1 - K_P^2)$ の関係を3:1位にとると、パラメータとしての動作係数K、慣性J及び粘性抵抗Dの通常の変動に対するロバスト性は確保できる。

【0016】

【実施例】図3は本発明による可変構造PI制御装置の主要部の一実施例を示すハード構成図であり、図4はそのソフトフロー図である。

【0017】すなわち、図1における演算を行う場合、まず設定入力Rと、例えば速度、位置等の状態量Yとの偏差eを検出し、その値に応じて、式(1)、(2)にを用いて図2に示すごとく比例ゲイン K_P と積分ゲイン K_I を演算し、時々刻々の制御を行う。

【0018】図3において、CPUに関しては、汎用CPUでも本発明の可変構造PI制御装置を実現できるが、より高速な応答を要する場合はデジタル・シグナル・プロセッサ(DSP)を用いれば、数10 μ sのサンプリングタイムで実現できる。ROM、RAMはメモリ素子であり、D-I/Oはデジタル入出力であって、PG出力等が入力される。Analogue-I/Oは速度指令等の設定入力等を入力する。

【0019】CPUにおいて図4に示したソフトフローにより、毎回設定入力Rと状態量Yとの偏差eを検出し、比例ゲイン K_P と積分ゲイン K_I を演算し設定する。

【0020】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では制御対象の運転中の偏差eを検出演算し、その値によりPI制御系の各ゲインを図2に示したごとく可変とすることにより、通常発生する慣性Jや粘性抵抗D等の変動に対してロバストな運転ができる。

【0021】すなわち、 $e=0$ の近辺では比例ゲイン K_P を小さくし、積分ゲイン K_I を大きくすることから、指令変化や持続外乱に対して安定で高応答な修正ができる。また、偏差eの大きい領域では、比例ゲイン K_P を大きくし、積分ゲイン K_I を小さくすることで、高応答な修正ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の理解を容易にするために、従来のPI制御装置のブロック線図である図5に類して示した、本発明の可変構造PI制御装置のブロック線図である。

【図2】本発明の可変構造PI制御装置の比例ゲイン K_P と積分ゲイン K_I との特性を示すグラフである。

【図3】本発明の可変構造PI制御装置の、主要部の一実施例を示すハード構成図である。

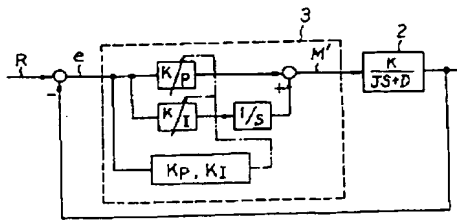
【図4】図3に示した本発明の可変構造PI制御装置のソフトフロー図である。

【図5】従来のPI制御装置の一例のブロック線図である。

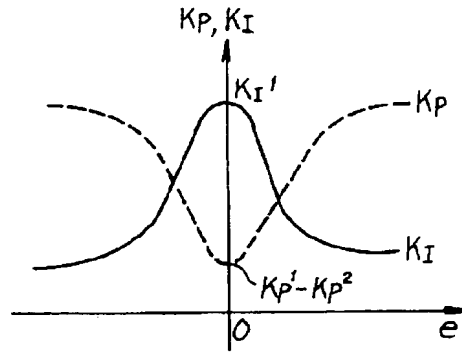
【符号の説明】

- 1 PI制御装置
- 2 制御対象
- 3 可変構造PI制御装置

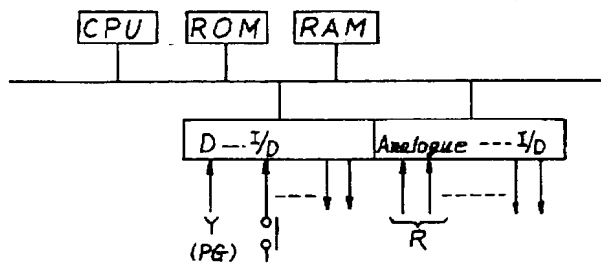
【図1】



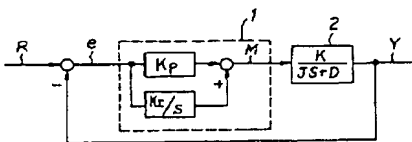
【図2】



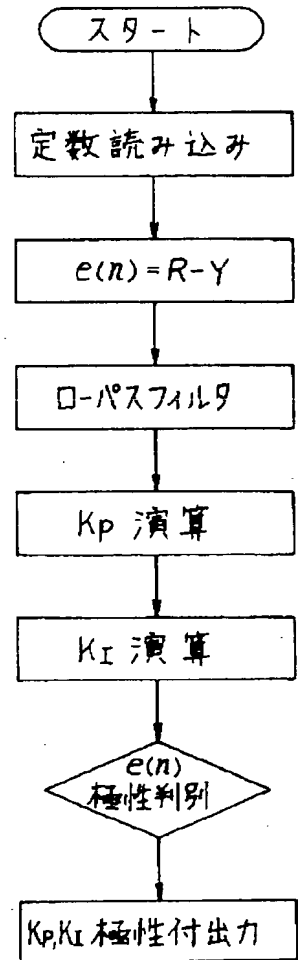
【図3】



【図5】



【図4】



* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The deflection of the setting input inputted into a controlled system as indicated value and this controlled system is set to the PI control equipment which stabilizes actuation of a controlled system P (proportionality) and by doing I (integral) compensation of, and it is the following relational expression [several 1] about proportional gain (KP) and integral gain (KI). $KP = KP_1 - KP_2 \exp(-KP_3 |e|)$

$KI = KI_1 \exp(-KI_2 |e|)$

e expresses deflection here and they are KP_1 , KP_2 , KP_3 , KI_1 , and KI_2 . It is a forward constant. Conversion structure PI control equipment characterized by being alike and making it change more.

[Claim 2] It is [Equation 2] within said formula. $KI_1 \gg (KP_1 - KP_2)$

They are KI_1 , KP_1 , and KP_2 to *****. Conversion structure PI control equipment according to claim 1 characterized by selecting each constant.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the adjustable structure PI control equipment which makes a robust control system to fluctuation of each parameter of a controlled system by starting PI control equipment, especially making each gain adjustable in a form [****] with features in adjustable structure PI control.

[0002]

[Description of the Prior Art] It describes taking the case of a general motor control system. Drawing 5 shows the conventional example of a PI control system, 1 is PI control equipment and 2 is a controlled system. R is a setting input, Y is a quantity of state here, therefore by the speed-control system, R is a rate command and Y is a speed detection output.

[0003] That is, the speed-control system is stabilized by impressing the deflection e of the setting input R and a quantity of state Y to a controlled system through PI compensator. As the general stabilization adjustment, it is proportional gain KP, so that Inertia J is large. It enlarges, it responds to it and is the integral gain KI. It is attained by enlarging. Thus, proportional gain KP usually insert PI compensator in a serial like illustration, and corresponding to the controlled system And integral gain KI Stabilization is attained by adjusting. In addition, D in the controlled system 2 in drawing is a viscous drag, and K shows the coefficient of performance which is a torque generating multiplier of for example, a power actuator. Moreover, M in the PI control equipment 1 in drawing shows the output of this PI control equipment.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, proportional gain KP If it enlarges, in a steady state, it will be easy to become unstable under the effect of a noise, a detection ripple, etc., and it is the integral gain KI. It occurs [overshoot of a rate] on the occasion of step change of a setting input and is not desirable if it enlarges.

[0005] Proportional gain KP and integral gain KI Although it is necessary to change according to the operational status of a motor etc., generally they are proportional gain KP and the integral gain KI. Since it becomes what performs adjustment manual by variable resistance etc., the adjustment for example, according to a momentary motor condition is impossible.

[0006] Furthermore, integral gain KI There is also a method of changing according to change of deflection e , and this is the integral gain KI. Although it will become more highly efficient than the case where it is immobilization, it cannot respond to fluctuation of Inertia J and coefficient of viscosity D enough. Moreover, although the derivative compensation element needed to be independently added when the high-speed response tended to be carried out more, it was a usual state for this to tends to be influenced of a noise etc. and to take pains over stabilization.

[0007] Writing profit, current, and proportional gain KP Integral gain KI The present condition is there being no equipment adjusted the optimal according to operational status, therefore a pilot-run adjustment member's going there, and suffering troubles each time and adjusting.

[0008]

[Means for Solving the Problem] It is made in view of a point which was mentioned above, and this invention is proportional gain KP and the integral gain KI to the deflection e of a setting input and the quantity of state of a controlled system. It is made to change with exceptional relational

expression, and is made to change operational status. That is, it is the following relational expression [several 3] about proportional gain (KP) and integral gain (KI). $KP = KP_1 - KP_2 \exp(-KP_3 |e|)$
 $KI = KI_1 \exp(-KI_2 |e|)$

e expresses deflection here and they are KP_1 , KP_2 , KP_3 , KI_1 , and KI_2 . It is a forward constant. It is characterized by being alike and making it change more.

[0009] Furthermore, it is [Equation 4] within said formula. $KI_1^{**3} (KP_1 - KP_2)$

They are KI_1 , KP_1 , and KP_2 to ****. It is characterized by selecting each constant. In addition, the proportional gain KP in this case and integral gain KI The minimum value and other parameters are decided from the insurance conditions of a system.

[0010]

[Function] It is the proportional gain KP of the PI control equipment which was what was similar to drawing 5 and was shown in order that drawing 1 might make an understanding of this invention easy, and 3 is adjustable structure PI control equipment, and was shown in drawing 5. Integral gain KI It considers as adjustable structure. The thing of the same sign as drawing 5 shows among drawing the part which has the same function. The adjustable structure PI control equipment 3 applied to this invention next is explained.

[0011] Proportional gain KP Integral gain KI Deflection e is [the fundamental view of a setup] the integral gain KI, when small. It enlarges and is proportional gain KP. It is made small. Moreover, deflection e is the integral gain KI, when large. It is made small and is proportional gain KP. It is in the point to enlarge. That is, control which made proportional control action the subject in the transient as a condition which makes integral control action a subject when it is set to $e \rightarrow 0$ and becomes close to a steady state, carries out stable operation, and becomes $e \rightarrow$ size on the other hand is carried out, and it is made to carry out a corrective action early.

[0012] When the relation is illustrated, it is like drawing 2. It is proportional gain KP here. And integral gain KI The following formula (1), It takes to (2).

[Equation 5]

$KP = KP_1 - KP_2 \exp(-KP_3 |e|)$ ---- (1) $KI = KI_1 \exp(-KI_2 |e|)$ ---- (2) e expresses deflection here and they are KP_1 , KP_2 , KP_3 , KI_1 , and KI_2 . It is a forward constant.

[0013] Next, it describes how each constant is selected. This is decided from the point of the stability of this adjustable structure PI control. Since it is nonlinear, stability is searched for from a rear PUNOFU function.

[0014] The relational expression of time amount differential de/dt of deflection e and time amount differential dM/dt of the output M of PI control equipment is [Equation 6] from drawing 5.

$KP de/dt + KI e = dM/dt$ ---- (3) $J(-de/dt) + D(R - e) = MK$ ---- (4) Formula (4) [Equation 7]

$de/dt = (1/J) \{D(R - e) - KM\}$ ---- (5) Therefore, formula (3) [Equation 8]

$dM/dt = (KP/J) \{D(R - e) - KM\} + KI e$ -- (6) As a rear PUNOFU function, it is [Equation 9].

$V(M, e) = (1/2) (M^2 + e^2)$ ---- (7) $dV/dt = M dM/dt + e de/dt$ ---- (8) Therefore, [Equation 10]

$dV/dt = -(KKP/J) M^2 + \{KI - (D/J) KP - K/J\} M e - (D/J) de/dt + \{(DKP/J) M + (D/J) e\} R$ ---- (9) [0015]

From an upper type, V is always forward, and it is a formula (9). A control system will become stability, if each constant is selected so that dV/dt may become negative. Formula (9) It sets and is proportional gain KP. It is a formula (1) about the integral gain KI, KI [in / it selects, as shown in (2), and / drawing 2] 1 If the relation of $(KP_1 - KP_2)$ is taken to the 3:1st place, the coefficient of performance K as a parameter, Inertia J , and the robustness over the usual fluctuation of a viscous drag D are securable.

[0016]

[Example] Drawing 3 is the hard block diagram showing one example of the principal part of the adjustable structure PI control equipment by this invention, and drawing 4 is the soft flow Fig.

[0017] That is, when performing the operation in drawing 1, the deflection e with the quantity of state Y of the setting input R , a rate, a location, etc. is detected first, and it responds to the value, and it is a formula (1) and (2). It comes, whenever it is shown in drawing 2 using **, and it is proportional gain KP. Integral gain KI It calculates and **** is sometimes controlled.

[0018] In drawing 3, although the adjustable structure PI control equipment of this invention is realizable also by general-purpose CPU about CPU, if a digital signal processor (DSP) is used when requiring a more nearly high-speed response, it is realizable by the sampling time for several 10

microseconds. ROM and RAM are memory devices, D-I/O is a digital input/output and PG output etc. is inputted. Analogue-I/O inputs setting inputs, such as a rate command, etc.

[0019] The soft flow shown in drawing 4 in CPU detects the deflection e of the setting input R and a quantity of state Y each time, and it is proportional gain KP . Integral gain KI It calculates and sets up.

[0020]

[Effect of the Invention] As explained above, in this invention, robust operation can be performed to fluctuation of an Inertia J , a viscous drag D , etc. which are usually generated by carrying out the detection operation of the deflection e under operation of a controlled system, and considering as adjustable, as the value showed each gain of a PI control system to drawing 2.

[0021] namely, -- the neighborhood of $e=0$ -- proportional gain KP small -- carrying out -- integral gain KI command change since it enlarges, and self-sustaining disturbance -- receiving -- stable -- high -- correction [****] can be performed. moreover -- the field where deflection e is large -- proportional gain KP large -- carrying out -- integral gain KI making it small -- high -- correction [****] can be performed.

[Translation done.]

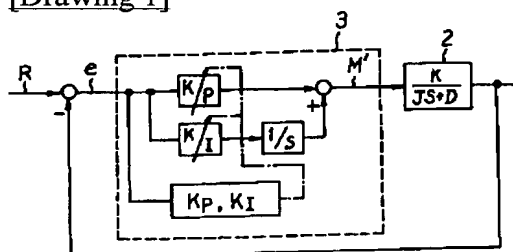
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

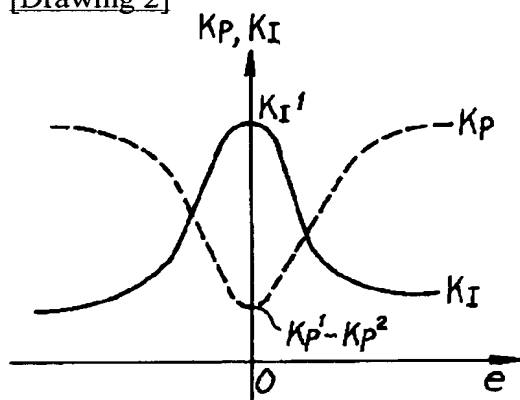
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

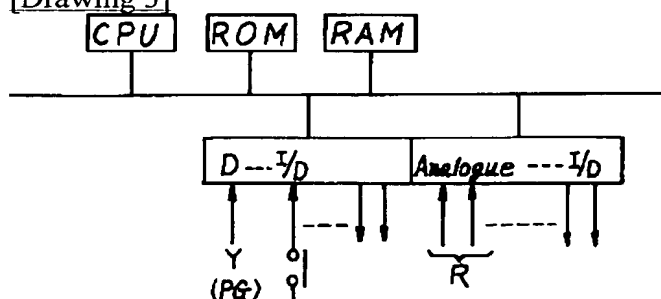
[Drawing 1]



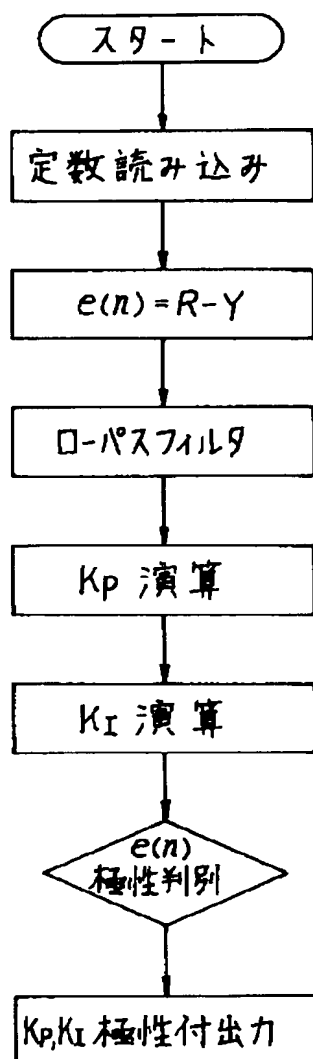
[Drawing 2]



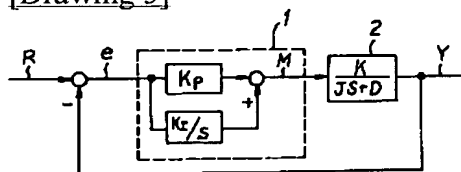
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.